

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：63904

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19240

研究課題名(和文) サンゴ蛍光による餌となる微生物の誘引とその生理的重要性の解明

研究課題名(英文) Understanding the biological function of fluorescent proteins in corals

研究代表者

高橋 俊一 (Takahashi, Shunichi)

基礎生物学研究所・環境光生物学研究部門・准教授

研究者番号：80620153

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：サンゴの蛍光タンパク質由来の蛍光の生理的重要性に関する実験を行い次の二つのことを明らかにした。(1)サンゴの緑色蛍光は遊泳型の褐虫藻の誘引に働き、これには褐虫藻の光源に対する負の走光性と緑色蛍光に対する正の走光性が関与する(Aihara et al. 2019 PNAS)。(2)コペポダ(培養株)や運動性プランクトン(サンゴ礁域で採取)では、緑色光に対する正の走光性はあるものの、光源に対する負の走光性がなく、サンゴの緑色蛍光への誘引は見られない。これらの結果より、サンゴの緑色蛍光は、共生する褐虫藻の誘引に働くことは示されたが、捕食者(運動性プランクトン)の誘引に働くことは示されなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サンゴの緑色蛍光タンパク質(GFP)由来の緑色蛍光が、共生する褐虫藻の誘引に働くことが示された。これは、褐虫藻の光源(自然界では太陽光)に対する負の走光性と、サンゴ緑色蛍光に対する正の走光性に起因する。これは、サンゴの蛍光が、褐虫藻の誘引に働くことを実験的に示した初めての研究結果である。この成果は、論文として国際誌の米国科学アカデミー紀要(Aihara et al. 2019 PNAS)に発表した。また、この成果は、様々なメディア(新聞、ニュース、ネットニュース)で紹介された。

研究成果の概要(英文)：This project studied the physiological significance of coral's fluorescence proteins and achieved two important outcomes. (1) The green fluorescence emitted by coral's green fluorescence proteins (GFP) attracts free-living zooxanthellae (symbiotic dinoflagellates) due to the combination of negative phototaxis towards the light source and positive phototaxis towards the green fluorescence (Aihara et al. 2019 PNAS). (2) Cultured copepods and sampled plankton from coral reefs both show positive phototaxis towards light from the green region of the light spectrum but with no negative phototaxis observed to any colored light at all light intensities tested. Therefore, in contrast to symbiotic dinoflagellates, copepods and plankton were not attracted by coral's green fluorescence when in the presence of a green fluorescence-inducing light source.

研究分野：海洋生物学

キーワード：サンゴ 蛍光 プランクトン 走光性 捕食

## 1. 研究開始当初の背景

造礁サンゴは細胞内に単細胞藻類(褐虫藻)を共生させ、必要な栄養分の多くを褐虫藻の光合成産物に依存している。そのため、サンゴは微生物を捕食するものの、捕食への依存度は低い。ただ、海水温の上昇による白化(褐虫藻の欠失)が起こると、捕食への依存度は急激に高くなる。白化直後のサンゴは生きていて、捕食が十分であれば白化から回復するまでの飢えをしのぐことが可能であるが、そうでない場合は餓死する。過去30年の間にサンゴ礁が急速に失われているのは、多くのサンゴが白化後に回復できずに餓死したためである。これまでの研究で、サンゴ種間で捕食力が異なり、これにより白化後の回復力(生存率)が異なっていることが示されている。そのため、サンゴの捕食力を高めることで、白化後の回復力を上げることができると期待されている。しかし、捕食力の違いが何に起因するかは分かっていない。

## 2. 研究の目的

移動手段を持たないサンゴが、しかも貧栄養で餌となる微生物が少ないサンゴ礁で、どのように捕食を可能にしているのか、また何がサンゴ種間での捕食力の違いを生み出しているのかは不明である。そんな中、申請者らはある興味深い結果を得た。それは、サンゴの蛍光タンパク質由来の**蛍光(色)**が海水中を泳ぐ褐虫藻の誘引に働くというものである。これには、褐虫藻の**走光性**が関わっている。ただ、サンゴ礁には褐虫藻以外にも同様の走光性を示す微生物がいるはずで、そう考えると**蛍光が被食者の誘引に働く**とも考えられる。また、サンゴ種間の捕食力の違いも、**蛍光タンパク質の種類(色)**や**発現量の違い**で説明できる。そこで、本研究では、**サンゴ蛍光が被食者を誘引する効果とその生理的重要性**を明らかにすることを目的に研究を行った。

## 3. 研究の方法

サンゴの**蛍光**が餌となる運動性の微生物の誘引に働くかを調べるために、実験室内で培養されたコペポダと、フィールドから採取された微生物(プランクトン)を用いて、サンゴ及び**緑色蛍光ペイント**を用い誘引実験を行った。ポジティブコントロールとして、先行研究で**緑色蛍光**への誘引が確認されている褐虫藻を用いた。サンゴは、GFP由来の**緑色蛍光の強い市販のキッカサンゴ(E. aspera)**を用いた。緑色蛍光ペイントもまた市販のものを用いた。フィールドからの微生物の採取は、**プランクトンネット**を用い、沖縄県瀬底研究施設周辺の異なる3地点(浅場、深場、汽水域)の4つの時間帯(朝、昼、夕、晩)に行った。採取されたプランクトンの中から、**弱い緑色光に正の走光性を示すものを分離し実験に用いた**。サンゴや**緑色蛍光ペイント**を用いた誘引実験の条件は、先の研究で遊泳型の共生藻(褐虫藻)がサンゴや**蛍光ペイント**に誘引された条件を再現した。

## 4. 研究成果

単離培養された褐虫藻の場合、褐虫藻はサンゴや**緑色蛍光ペイント**の**緑色蛍光**に誘引されることが示され、それは褐虫藻の**光源(強い青色光を含む)への負の走光性**と、**緑色蛍光への正の走光性**とが関与することが示された(Aihara et al., 2009 PNAS)。

実験室内で培養されたコペポータの場合、光に対して正の走光性がみられ、これは緑色の単色光に対しても同じであった。今回使用したコペポータでは、光に対して負の走光性は見られなかった。また、サンゴ片や緑色蛍光ペイントが緑色蛍光を放つ青色光照射下で、コペポータがサンゴ片や緑色蛍光ペイントへ誘引されるような現象は見られなかった。これは、緑色蛍光への誘引には、緑色光への正の走光性に加え、光源（強い青色光を含む光）に対する負の走光性が不可欠であることを示している。海外では、青色光に対して強い正の走光性、緑色に対して正の走光性を示すコペポータ - (タイプ) の報告があり、異なるタイプのコペポータを用いることで、緑色蛍光による誘引が見られるかもしれない。

サンゴ礁周辺の異なる 3 地点から採取されたプランクトン（コペポータを含む）を用いて、サンゴや緑色蛍光ペイントへの誘引実験を行った。プランクトンの運動性は時間によって異なるため、4 つの時間帯（朝、昼、夕、晩）に採集を行い、別々に誘引実験に用いた。いずれの実験でも、光に対して正の走光性を示すプランクトンを多く採取できたが、その中に負の走光性を示すものは見られなかった。また、いずれの場合も、緑色蛍光ペイントの緑色蛍光への誘引は見られなかった。今回の実験からは、サンゴの緑色蛍光が餌となる運動性プランクトンの誘引に働くことを示す結果は得られなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Lin Mei-Fang, Takahashi Shunichi, Foret Sylvain, Davy Simon K., Miller David J.	4. 巻 8
2. 論文標題 Transcriptomic analyses highlight the likely metabolic consequences of colonization of a cnidarian host by native or non-native Symbiodinium species	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biology Open	6. 最初と最後の頁 bio038281
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1242/bio.038281	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Yusuke Aihara, Shinichiro Maruyama, Andrew H. Baird, Akira Iguchi, Shunichi Takahashi, Jun Minagawa	4. 巻 116
2. 論文標題 Green fluorescence from cnidarian hosts attracts symbiotic algae	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America	6. 最初と最後の頁 2118-2123
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1073/pnas.1812257116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岸本真理子、丸山真一郎、皆川純、高橋俊一
2. 発表標題 なぜサンゴは白化から回復しないのか
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会22回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相原悠介、丸山 真一郎、Andrew Baird、井口 亮、高橋 俊一、皆川純
2. 発表標題 サンゴの緑色蛍光による褐虫藻の誘引
3. 学会等名 日本サンゴ礁学会21回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 俊一
2. 発表標題 サンゴに共生する褐虫藻：動から静への変化がもたらすもの
3. 学会等名 日本共生生物学会第2回大会Symbio2018Kobe (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<a href="http://www.nibb.ac.jp/press/2019/01/22.html">http://www.nibb.ac.jp/press/2019/01/22.html</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	井口 亮  (Iguchi Akira)  (50547502)	沖縄工業高等専門学校・生物資源工学科・助教   (58001)	
連携研究者	相原 悠介  (Aihara Yusuke)  (40636891)	基礎生物学研究所・環境光生物学研究部門・研究員   (63904)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------